

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-274409

(43)公開日 平成6年(1994)9月30日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 6 F 12/00	5 9 9	9366-5B		
12/16	3 4 0 M	7629-5B		
G 1 1 C 16/06		6866-5L	G 1 1 C 17/ 00	3 0 9 C

審査請求 有 請求項の数22 OL (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平5-50247

(22)出願日 平成5年(1993)3月11日

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー  
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN  
ESS MASCHINES CORPO  
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72)発明者 新島 秀人

東京都千代田区三番町5-19 日本アイ・  
ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内

(74)代理人 弁理士 頓宮 孝一 (外4名)

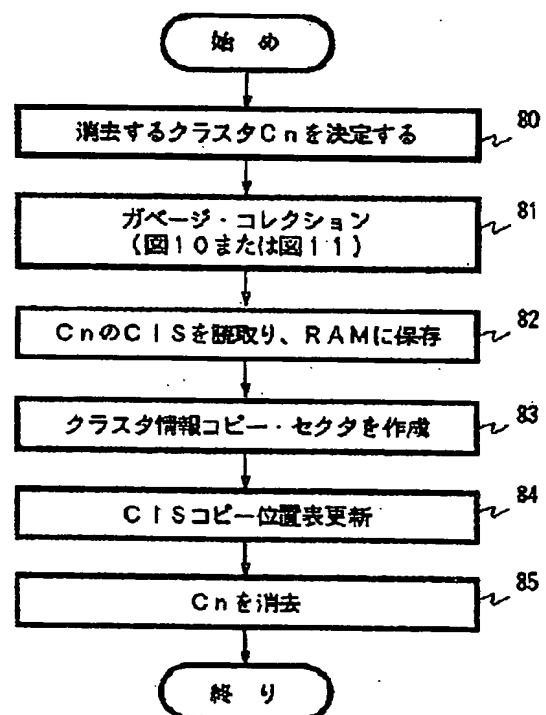
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 一括消去型不揮発性メモリ

(57)【要約】

【目的】一括消去型不揮発性メモリを用いる半導体デ  
ィスク装置の、電源断等の障害に対する耐性を高めるこ  
と。

【構成】一括消去型不揮発性メモリは、複数個のセクタ  
を含み、各セクタに自身の属性を識別するための属性情  
報が書き込まれる。クラスタ情報セクタは原則としてそ  
の属するクラスタの先頭に置かれる。また、データ・セ  
クタはクラスタの先頭以外の領域であるデータ・エリア  
に置かれる。メモリに接続されたコントローラは、クラ  
スタ消去時にはデータ・エリアにクラスタ情報コピー・  
セクタを作成し、クラスタ初期化時にはクラスタ情報コ  
ピー・セクタからクラスタ管理情報を再構成し、クラ  
スタ情報セクタを作成する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】複数のセクタを含み、各セクタに自身の属性を識別するための属性情報が書き込まれることを特徴とする一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項2】複数のセクタの集まりであるクラスタを単位として消去することが可能であり、各クラスタに自身の管理情報を記憶するためのクラスタ情報セクタが設けられ、各クラスタのクラスタ情報セクタにはクラスタ情報セクタであることを示す属性情報が書き込まれ、ユーザ・データを書き込むセクタにはデータ・セクタであることを示す属性情報が書き込まれることを特徴とする一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項3】上記クラスタ情報セクタは原則としてクラスタの所定位置に置かれ、上記データ・セクタはクラスタの該所定位置以外の領域であるデータ・エリアに置かれることを特徴とする請求項2記載の一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項4】所与のクラスタのデータ・エリアに他のクラスタの管理情報のコピーを記憶するためのセクタが含まれ、かつ該セクタには上記他のクラスタの識別子とクラスタ情報コピー・セクタであることを示す属性情報が書き込まれることを特徴とする請求項3記載の一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項5】上記管理情報は、クラスタ消去回数と不良セクタ・マップを含むことを特徴とする請求項3記載の一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項6】所与のクラスタのデータ・エリアに、該クラスタまたは他のクラスタにあってまだ関連するクラスタ情報セクタの不良セクタ・マップに反映されていない不良セクタの位置を記憶するセクタが含まれ、かつ該セクタには上記不良セクタを含むクラスタの識別子と不良情報セクタであることを示す属性情報が書き込まれることを特徴とする請求項5記載の一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項7】各クラスタは、各々が物理的消去単位であり、複数のページを含んでなるところのブロックを偶数個含み、

所与のクラスタを構成するブロックの半数の先頭ページが該クラスタのクラスタ情報セクタの第1の半分に割り当てられ、残りのブロックの先頭ページが該クラスタ情報セクタの第2の半分に割り当てられ、上記所与のクラスタの管理情報は上記クラスタ情報セクタの第1の半分と第2の半分に重複して書き込まれることを特徴とする請求項3記載の一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項8】上記クラスタ情報セクタの第1の半分と第2の半分は異なるメモリ・チップに割り付けられることを特徴とする請求項7記載の一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項9】上記クラスタ情報セクタの一方の半分が不良のとき、上記所与のクラスタのデータ・エリアに代替クラスタ情報セクタが置かれ、かつ該セクタにはクラスタ情報セクタであることを示す属性情報が書き込まれ、上記クラスタ情報セクタの他方の半分に上記代替クラスタ情報セクタを指すポインタが書き込まれることを特徴とする請求項8記載の一括消去型不揮発性メモリ。

【請求項10】コントローラと、上記コントローラに接続され、複数のセクタの集まりであるクラスタを単位として消去することが可能であり、各クラスタに自身の管理情報を記憶するためのクラスタ情報セクタが設けられ、各クラスタのクラスタ情報セクタにはクラスタ情報セクタであることを示す属性情報が書き込まれ、ユーザ・データを書き込むセクタにはデータ・セクタであることを示す属性情報が書き込まれる一括消去型不揮発性メモリとを含むことを特徴とする半導体ディスク装置。

【請求項11】上記クラスタ情報セクタは原則としてクラスタの所定位置に置かれ、上記データ・セクタはクラスタの該所定位置以外の領域であるデータ・エリアに置かれることを特徴とする請求項10記載の半導体ディスク装置。

【請求項12】上記管理情報はクラスタ消去回数を含むことを特徴とする請求項11記載の半導体ディスク装置。

【請求項13】上記コントローラは、所与のクラスタを消去する前に、そのクラスタ情報セクタに含まれる管理情報を読み取り、上記所与のクラスタの識別子と上記管理情報を、上記所与のクラスタ以外のクラスタのデータ・エリアのセクタに書き込み、かつ該書き込まれたセクタにクラスタ情報コピー・セクタであることを示す属性情報をセットすることを特徴とする請求項11記載の半導体ディスク装置。

【請求項14】上記管理情報はクラスタ消去回数を含み、上記コントローラは、消去対象である所与のクラスタに含まれるクラスタ情報コピー・セクタの有効性を、該クラスタ情報コピー・セクタに保持されている消去回数と同セクタによってポイントされるクラスタのクラスタ情報セクタに保持されている消去回数を比較して判断し、有効である場合には、上記所与のクラスタを消去する前に、上記クラスタ情報コピー・セクタを他のクラスタのデータ・エリアにコピーすることを特徴とする請求項13記載の半導体ディスク装置。

【請求項15】上記コントローラは、所与のクラスタを消去後に初期化するとき、消去前に作成された該所与のクラスタの識別子を含むクラスタ情報コピー・セクタから管理情報を再構成し、該所与のクラスタにクラスタ情報セクタを作成することを特徴とする請求項13記載の

半導体ディスク装置。

【請求項16】上記コントローラは、所与のクラスタのクラスタ情報セクタの読取りに失敗したとき、該所与のクラスタの識別子を含むクラスタ情報コピー・セクタの探索を行うことを特徴とする請求項13記載の半導体ディスク装置。

【請求項17】上記管理情報は不良セクタ・マップを含むことを特徴とする請求項11記載の半導体ディスク装置。

【請求項18】上記コントローラは、所与のクラスタに不良セクタを検出したとき、該クラスタの識別子及び該不良セクタの識別子並びに該クラスタの消去回数を、現在ユーザ・データを書き込み中のクラスタのセクタに書き込み、かつ該書き込まれたセクタに不良情報クラスタであることを示す属性情報をセットすることを特徴とする請求項17記載の半導体ディスク装置。

【請求項19】上記クラスタ情報はクラスタ消去回数を含み、

上記コントローラは、消去対象である所与のクラスタに含まれる不良情報セクタの有効性を、該不良情報セクタに保持されている消去回数と同セクタによってポイントされるクラスタのクラスタ情報セクタに保持されている消去回数を比較して判断し、

有効である場合には、上記所与のクラスタを消去する前に、上記不良情報セクタを他のクラスタのデータ・エリアにコピーすることを特徴とする請求項18記載の半導体ディスク装置。

【請求項20】上記コントローラは、所与のクラスタを消去後に初期化するとき、消去前に作成された該所与のクラスタの識別子を含む不良情報セクタを参照し、該所与のクラスタの不良セクタ・マップを更新することを特徴とする請求項18記載の半導体ディスク装置。

【請求項21】上記コントローラに接続されたランダム・アクセス・メモリをさらに具備し、

該ランダム・アクセス・メモリには、上記コントローラに接続されたプロセッサが発するコマンドに含まれる論理アドレスを特定のセクタを指示する物理アドレスに変換するためのアドレス変換表が設けられ、

上記コントローラは、立ち上げ時に上記メモリの全セクタを読んで上記アドレス変換表を再構成するときに、検出されたクラスタ情報コピー・セクタに含まれるクラスタ識別子と該セクタの位置の対応関係を上記ランダム・アクセス・メモリ上の上記アドレス変換表とは異なる表に記録することを特徴とする請求項13記載の半導体ディスク装置。

【請求項22】上記コントローラに接続されたランダム・アクセス・メモリをさらに具備し、

該ランダム・アクセス・メモリには、上記コントローラに接続されたプロセッサが発するコマンドに含まれる論理アドレスを特定のセクタを指示する物理アドレスに変

換するためのアドレス変換表が設けられ、

上記コントローラは、立ち上げ時に上記メモリの全セクタを読んで上記アドレス変換表を再構成するときに、検出された不良情報セクタに含まれるクラスタ識別子と該セクタの位置の対応関係を上記ランダム・アクセス・メモリ上の上記アドレス変換表とは異なる表に記録することを特徴とする請求項18記載の半導体ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、フラッシュEEPROM（以下ではフラッシュ・メモリと呼ぶ）等の一括消去型不揮発性メモリ及びそれを用いる半導体ディスク装置に係り、特に、クラスタの消去回数等の管理情報の保存、回復及び更新に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体ディスク装置に用いるメモリとして、一括消去型のフラッシュ・メモリが開発されている。DRAMと同じくトランジスタ1つで記憶素子が構成され、高密度化が可能で、将来の市場次第でDRAMと同等かそれ以下のビット単価（低コスト、大容量）になることが期待されている。記憶素子は不揮発性であり、電池バックアップの必要はない。消去は一般にチップ単位又はそれよりも小さなブロック単位で行われる。Richard D. Pashley 外の“Flash memories: the best of two worlds”、IEEE SPECTRUM 1989年12月、30～33頁は、このようなフラッシュ・メモリの概要を紹介している。パフォーマンスの点では、チップ消去型よりブロック消去型の方が優れている。

【0003】ブロック消去型のフラッシュ・メモリを半導体ディスク装置（SSF）に用いる場合は、ブロックの大きさをハード・ディスク装置のアクセス単位であるセクタに等しくしておくこと、メモリ管理に都合がよい。例えば、ヨーロッパ公開特許出願第392895号はセクタ消去型のフラッシュEEPROMシステムを開示している。このシステムは、消去単位であるセクタ毎にラッチを設けておき、消去したいセクタに対応するラッチをセットすることによって、任意の複数のセクタを同時に消去できるようにしている。複数セクタ分の容量（例えば4Kバイト）を持ったブロックを消去単位にしたフラッシュ・メモリも知られている。さらにそのような物理的な一括消去単位であるブロックを複数含むクラスタを論理的な消去の単位とすることも可能である。

【0004】しかし、フラッシュ・メモリにはSRAMやDRAMにはない制限がある。まず、メモリ・ビットのプログラミングは一方通行で、0から1又は1から0へしか変えることができない。従って、既に書込まれている記憶位置に新たなデータを書込む場合は、その記憶位置を含むブロックを一括消去によって全0又は全1に設定した後に書き込みを行う必要がある。消去及び書き込みには、通常、数十ミリ秒から数秒の時間がかかる。ま

た、フラッシュ・メモリは消去及び書込みによって劣化し、現在のところ、数万回から数十万回の消去及び書込みで使用限度に達してしまう。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような問題に対処するため、消去回数の上限を越えないよう各ブロック毎の消去回数を保存しておく必要がある。さらに、特願平3-197318号に開示されるように、クラスタ内の不良セクタの位置を記憶しておき、物理セクタを論理セクタに動的に割り当てるときに、これら不良セクタを飛び越すような工夫が必要とされる。このように、フラッシュ・メモリの状態を記述する管理情報を自身の内部に保存しなければならない状況が発生するが、フラッシュ・メモリの特性上、データを消去するときに同時にこれら管理情報も消去されてしまう。通常これら管理情報は消去される前にSSFのコントローラのRAM領域にコピーされ、ブロック消去の終了後、フラッシュ・メモリに書き戻される。しかしながら、このような方法を取ると、クラスタ消去中に電源断等のシステム障害が発生した場合にRAM上の管理情報が失われ、コントローラはこれを回復することができなくなる。

【0006】また、フラッシュ・メモリではその構成上、ブロック不良が発生することが考えられ、このブロック不良の発生によってシステムは管理情報を読み込めなくなる場合がある。このような不良モードで管理情報を失ってしまった場合、システムはそのブロック内のデータを失うのみならずSSF全体の整合性を管理することが出来なくなる恐れがある。これまでのところ、ブロック不良に対するデータの保護管理については有効な方法は提案されていなかった。

【0007】管理情報は、ブロックの消去回数などの、一度失われてしまうと二度と回復できず、かつ、システム管理上非常に重要なデータを含むので、これを喪失することはSSFの管理上重大な問題を引き起こす。このように、いついかなる時も必ず保存されなければならないデータの保護について複数の不良モードに対応できるものはなかった。

【0008】さらに、管理情報を保存する物理セクタを一意に決めてしまった場合、そのセクタに不良が発生した時にはその管理情報が管理するブロックまたはクラスタ全体が使用不可となってしまう。即ち、クリティカルなセクタが不良となることによってその数十倍もの領域が、物理的には問題が無いにも拘らず論理的に不良となってしまう、という非効率が発生する。これを防ぐためにはクリティカルなセクタに対し代替セクタを設けるという方法があるが、この場合には代替セクタがどこに存在するかをシステムは記憶しておく必要がある。一般に、代替セクタに関する情報はフラッシュ・メモリ上に記憶しておく必要があり、また、フラッシュ・メモリの特性を考慮に入れば、この情報は代替されるべきセク

タを含むクラスタに属する適当なセクタに保存されなければならない。この条件のもとで、代替セクタの位置情報は、その性質上、これを管理情報の一部としてフラッシュ・メモリ上に記憶する事が考えられるが、これでは管理情報（自分自身）の所在を示すのに自分自身（代替セクタの位置）を参照しなければならないという矛盾に陥る。これまでは、このような状況に対して有効な対策は提案されてこなかった。

【0009】また、新たな不良セクタの発生などによって管理情報（不良セクタ・マップ）の更新が必要となるが、一般的にフラッシュ・メモリに対しては上書きが出来ないので、更新処理は当該クラスタ消去後に行われる管理情報の再書き込みの時点まで待たなければならない。このような更新トランザクションを更新処理完了まで如何に保存しておけばよいかということも解決されていない問題であった。

【0010】従って、本発明の目的は、一括消去型不揮発性メモリを用いた半導体ディスク装置（SSF）の信頼性を保証するために必須である管理情報の保存・更新を確実に実現することにある。

【0011】本発明の他の目的は、フラッシュ・メモリを用いた半導体ディスク装置において、クラスタ消去回数等の管理情報を不意の電源断等のシステム障害によって失ってしまったときに、これを回復する手段を提供することにある。

【0012】本発明のさらに他の目的は、SSF稼働中に不良セクタが発見されたとき、これを管理情報保存領域に正確に反映させる方法を提供することにある。

【0013】本発明のさらに他の目的は、管理情報保存領域がワードライン不良などのセクタ不良により使用不可能となってしまうときに対処することのできる管理情報の保存・回復手段を提供することにある。

【0014】本発明のさらに他の目的は、ブロック不良に対処することのできる管理情報の保存・回復手段を提供することにある。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】本発明に従う一括消去型不揮発性メモリは、複数個のセクタを含み、各セクタに自身の属性を識別するための属性情報が書き込まれる。

【0016】より具体的には、本発明に従う一括消去型不揮発性メモリは、複数個のセクタの集まりであるクラスタを単位として消去することが可能であり、各クラスタに自身の管理情報を記憶するためのクラスタ情報セクタが設けられ、各クラスタのクラスタ情報セクタにはクラスタ情報セクタであることを示す属性情報が書き込まれ、ユーザ・データを書き込むセクタにはデータ・セクタであることを示す属性情報が書き込まれる。

【0017】クラスタ情報セクタは原則としてその属するクラスタの所定位置に置かれる。また、データ・セクタはクラスタの該所定位置以外の領域であるデータ・エ

リアに置かれる。

【0018】所与のクラスタのデータ・エリアに他のクラスタの管理情報のコピーを記憶するためのセクタが含まれることがある。このセクタには、上記他のクラスタの識別子とクラスタ情報コピー・セクタであることを示す属性情報が書き込まれる。

【0019】管理情報には、クラスタ消去回数と不良セクタ・マップを含むことができる。

【0020】所与のクラスタのデータ・エリアに、該クラスタまたは他のクラスタにあってまだ関連するクラスタ情報セクタの不良セクタ・マップに反映されていない不良セクタの位置を記憶するセクタが含まれることがある。このセクタには不良セクタを含むクラスタの識別子と不良情報セクタであることを示す属性情報が書き込まれる。

【0021】本発明に従う半導体ディスク装置は、コントローラと、これに接続され、かつ上記のようにセクタごとに属性情報がセットされた一括消去型不揮発性メモリを含む。コントローラは、クラスタ消去時にはクラスタ情報コピー・セクタをデータ・エリアに作成し、クラスタ初期化時にはクラスタ情報コピー・セクタからクラスタ管理情報を再構成し、クラスタ情報セクタを作成する。

【0022】

【実施例】本発明の半導体ディスク装置を組み込んだコンピュータ・システムの一例を図1に示す。CPU10はシステム・バス13を介して、主記憶装置15、バス制御装置16及びオプションの数値計算用コプロセッサ14と通信する。CPU10及び関連する周辺装置の間の通信はバス制御装置16を介して行われる。そのため、バス制御装置16はファミリー・バス18によって周辺装置に接続されている。周辺装置としては、本発明に従うフラッシュ・メモリ製の半導体ディスク装置(SSF)20が接続され、さらに、通信装置21、フロッピー・ディスク・ドライブ(FDD)22、光ファイル装置23、表示装置24もファミリー・バス18に接続されている。勿論、他の周辺装置も接続可能である。このようなコンピュータ・システムの一例はIBM PS/2である。

【0023】直接メモリ・アクセス制御装置(DMAC)12は、これらの周辺装置の全部又は選択された何台かによるメモリ・アクセスを可能にすべく設けられる。そのため、ファミリー・バス18は、少なくともその一部がDMAC12に分岐接続される。図には示していないが、DMAが可能な各周辺装置にはアービトレーション回路が設けられ、アービトレーション・レベル(優先順位)を割り当てられる。DMAC12の側には、DMAを同時に要求している複数の周辺装置の間で調停作業を行って、どの周辺装置がDMAを許可されたかをDMAC12に知らせる中央アービトレーション制

御回路11が設けられる。DMAC12及び中央アービトレーション制御回路11によるDMA制御の詳細は米国特許第4901234号明細書に記載されている。

【0024】CPU10はSSF20をハード・ディスク装置として扱う。従って、SSF20をアクセスするときは、ヘッド番号、シリンダ番号及びセクタ番号から成るいわゆる相対ブロック・アドレス(RBA)がSSF20に送られる。SSF20は動的セクタ割当てを行う。従って、CPU10から供給されるRBAと、SSF20の実際にアクセスされるセクタのアドレス(物理アドレス)との間の関係は固定されておらず、書込みの度に变化する。そこで、それらの対応関係を明らかにするアドレス変換表が設けられる。即ち、CPU10からのRBAは論理アドレスである。アドレス変換表は、通常、論理アドレスによって指される項目に、対応する物理アドレスが書き込まれる。

【0025】図2に、SSF20の概略的な構成を示す。このSSF20は、ファミリー・バス18に接続されたコントローラ30と、内部バス31を介してこのコントローラ30に接続されたランダム・アクセス・メモリ(RAM)32、バス制御部33及びフラッシュ・メモリ34で構成される。図示しないが、コントローラ30は、マイクロ・プロセッサとこれを制御するプログラムを格納したROMを含む。図7以下のフローチャートで説明する消去等の機能は、ROMのプログラムがマイクロ・プロセッサで実行されることによって、実現される。

【0026】RAM32は、アドレス変換表を記憶する領域35及びバッファ領域36を含む。RAM32はこの他に後述するクラスタ情報コピー・セクタの位置を記憶する表38(以下、CISコピー位置表と呼ぶ)と不良情報セクタの位置を記憶する表39(以下、不良情報位置表と呼ぶ)を含む。バス制御部33は、内部バス31と、フラッシュ・メモリ34に接続されたメモリ・バス37とを相互接続するための周知のレシーバ/ドライバ構成を有する。

【0027】以下では、セクタ及びクラスタの構成を異にする実施例を二つ示すが、どちらもCPUの指定する論理セクタのサイズは512バイトであり、CPU10のSSF20に対する最小アクセス単位である物理セクタのサイズは512+ $\alpha$ バイトであるとする。第1実施例では、SSF20のセクタ(物理セクタ)及びクラスタは次のようにして管理される。

【0028】1) 実際の消去を行う論理的な集合をつくり、これをクラスタと呼ぶ。クラスタは物理的な消去単位であるブロックの一つ以上からなる。実施例では8セクタで1ブロックを構成し、8ブロックで1クラスタを構成する。ブロックとクラスタの対応関係は、ブロックの上位アドレスをクラスタの識別子としたり、あるいは表を作ることによって、形成される。

【0029】2) 本実施例では物理セクタは以下のよう属性を持ち、それぞれ属性フラグによって識別される。

【0030】まず、各クラスタの先頭がクラスタ情報セクタ(CIS)に割り当てられ、クラスタ消去回数、クラスタ内の不良セクタ・マップなど、各クラスタ固有の管理情報を保存する(図3参照)。また、冗長領域( $\alpha$ バイト)には属性フラグを書き込む領域が含まれており、クラスタ情報セクタであることを示す「クラスタ情報」フラグがセットされる。これらの情報には個々に対してパリティ・コードなどを付加し、エラーの発生を検知できるようにしておく。

【0031】各種管理情報に対するパリティは、誤り訂正が出来るようなコードであることが望ましいが、ここでは単純な奇偶パリティやCRCパリティで十分である。これらパリティを全て含めた管理情報全体(属性フラグを含む)に対してECCパリティを計算し、これをクラスタ情報セクタの冗長領域に書き込む。

【0032】特願平5-35228号明細書は、予め各クラスタに対して互いに重複することのないように順序番号を与えておき、所与のクラスタが消去されて後に初期化されるときに、現在の最大順序番号よりも大きな値を新たな順序番号として当該所与のクラスタに書くという発明を開示している。そのような順序番号を用いてセクタを管理する場合には、クラスタ情報セクタに管理情報として順序番号が書き込まれる。なお、クラスタの管理情報が512バイトの領域全部を占めるわけではない。

【0033】クラスタの先頭セクタはクラスタ管理情報が置かれる重要なセクタであるが、そこも他のセクタと同様、ワード線不良などの不良が発生する可能性がある。そこで、第1実施例では、先頭セクタが不良である場合、次以降の、他のいかなる属性を持つセクタよりも前にあるセクタをクラスタ情報セクタに割り当てるようにしている。

【0034】クラスタの先頭以外のセクタは、本来、ユーザ・データを書くためのエリアなので、これをデータ・エリアと呼ぶことにする。図4は、各クラスタのユーザ・データを保持するセクタ(以下ではデータ・セクタと呼ぶ)のフォーマットを示す。図示のように、データ・セクタは、512バイトのユーザ・データを保持するデータ領域の他に、属性フラグ及びエラー訂正符号(ECC)を保持する領域を含む。属性フラグはデータ・セクタであることを示す「データ」フラグがセットされる。なお、実施例では動的セクタ割当てを行うので、アドレス変換表の項目を指す逆参照ポインタが属性フラグの一部として書かれる。

【0035】データ・エリアには、データ・セクタ以外の種類のセクタが置かれることがある。図5は、クラスタ情報セクタのコピーを保持するセクタ(以下ではクラ

スタ情報コピー・セクタまたはCISコピー・セクタと呼ぶ)のフォーマットを示す。このセクタは、自身の属するクラスタとは異なるクラスタの管理情報のコピーを保管するものである。図示のように、512バイトのデータ領域に、クラスタ番号とその番号を持つクラスタの管理情報のコピーが書き込まれ、 $\alpha$ バイトの冗長領域に、クラスタ情報セクタであることを示す「クラスタ情報コピー」属性フラグとECCが書き込まれる。

【0036】図6は、不良情報セクタのフォーマットを示す。このセクタは、自身の属するクラスタあるいはそれとは異なる異なるクラスタで新たに検出された不良データ・セクタの番号を保管するものである。図示のように、512バイトのデータ領域に、クラスタ番号、その番号を持つクラスタの不良セクタ番号及び不良セクタ検出時点での消去回数が書き込まれ、 $\alpha$ バイトの冗長領域に、不良情報セクタであることを示す「不良情報」属性フラグとECCが書き込まれる。

【0037】図3乃至図6に示したセクタのフォーマットは模式的なものであることに注意されたい。例えば、属性フラグを512+ $\alpha$ バイト全体のうちの最先にアクセスされる領域(ワードラインの先頭)に位置させてもよい。

【0038】3) 次に、図7を参照して、セクタ書き込みに伴うベリファイの結果、不良データ・セクタが発見されたときのSSFの動作を説明する。

【0039】あるデータ・セクタへの書き込みを所定回数行ってもベリファイ・エラーとなる場合、コントローラは、そのセクタの属するクラスタのクラスタ番号及び消去回数並びにセクタ番号をRAMに一時的に保存する(ステップ74)。次に、それらの情報を、現在ユーザ・データを書き込み中のクラスタの次に書くべきセクタに書き込み、属性フラグは「不良情報」として、不良情報セクタを作成する。(ステップ75)。しかる後、作成された不良情報セクタの位置(クラスタ番号とセクタ番号)を不良情報位置表に登録する(ステップ76)。不良情報位置表は、不良情報セクタに含まれるクラスタ番号と該セクタの位置の対応関係を記録する。例えば、クラスタ番号によって定まる項目に、その番号を含む不良情報セクタの位置が登録される。

【0040】このように、不良セクタを発見すると、不良情報セクタをフラッシュ・メモリに作成するので、関連する不良セクタ・マップを更新するまでの間に電源断が発生しても、不良情報は維持される。

【0041】4) 図8乃至図11を参照して、クラスタ消去及びクラスタ初期化に関し、SSFの動作(コントローラが実行する消去プログラム及び初期化プログラム)を説明する。

【0042】図8は、クラスタ消去動作のフローチャートである。あるクラスタC<sub>n</sub>がその有効セクタ数が一定数を下回る等の条件に合致した場合、コントローラはそ

のクラスタを消去対象に定める（ステップ80）。次に、クラスタC<sub>n</sub>中の有効データを他のクラスタに保管するためのガベージ・コレクションを行うが（ステップ81）、その詳細は後で説明する。

【0043】ガベージ・コレクションの後、コントローラはクラスタC<sub>n</sub>のCISを読み取り、RAMに保存する。次に、現在ユーザ・データを書き込み中のクラスタの次に書き込むべき位置のセクタに、C<sub>n</sub>のクラスタ番号と読み取った管理情報を書き込み、さらに「クラスタ情報コピー」フラグと計算したECCを書き込んで、クラスタ情報コピー・セクタを作成する（ステップ83）。作成されたCISコピー・セクタの位置をCISコピー位置表に登録した後、コントローラはクラスタC<sub>n</sub>を消去する（ステップ84、85）。CISコピー位置表は、CISコピー・セクタに含まれるクラスタ番号と該セクタの位置の対応関係を記録する。例えば、クラスタ番号によって定まる項目に、その番号を含むCISコピー・セクタの位置が登録される。

【0044】このように、クラスタを消去する前にCISコピー・セクタをフラッシュ・メモリに作成するので、消去中に電源断が発生してもクラスタ管理情報は失われない。

【0045】図9は、クラスタ初期化のフローチャートである。ここで言う初期化は、消去済みのクラスタにクラスタ情報セクタを作成し、データ・エリアにユーザ・データを書き込める状態にすることである。空白セクタのみからなるクラスタがなくなった等の条件が成就したとき、コントローラは、消去済みの一つ以上のクラスタの中から、消去回数等を考慮して、初期化を行うクラスタC<sub>m</sub>を選択する。（ステップ90）。次に、CISコピー位置表で示されるクラスタC<sub>m</sub>についてのCISコピー・セクタを読み取り、C<sub>m</sub>の管理情報を再構成する。このとき、消去回数はカウント・アップされる（ステップ91）。次に、不良情報位置表で示されるクラスタC<sub>m</sub>についての不良情報セクタを読み取り、不良情報セクタの情報に基づいて、不良セクタ・マップを更新する（ステップ92）。しかる後、クラスタC<sub>m</sub>の先頭にクラスタ情報セクタを作成する。もし、先頭セクタへの書き込みが失敗に終わった場合、またはCISコピー・セクタ中の管理情報（例えば、不良セクタ・マップの先頭ビット）が先頭セクタの不良であることを示している場合には、第2番目以降の不良でない位置に、クラスタ情報セクタを作成する（ステップ93）。クラスタ情報セクタに反映されたCISコピー・セクタの位置情報はCISコピー位置表から、不良情報セクタの位置情報は不良情報位置表から、クリアされる（ステップ94）。

【0046】次に、ガベージ・コレクションの詳細を二つの例に則して説明する。図10は、データ・エリアを先頭から最後まで逐一読む場合のフローチャートである。読み取ったセクタの属性フラグからCISコピー・

セクタであると判明した場合、コントローラは、それが有効な情報を保持しており、従って他のセクタにコピーすべきものであるか否かを判断する（ステップ102）。具体的には、CISコピー・セクタが保持するクラスタC<sub>x</sub>の消去回数E<sub>x</sub>を、クラスタC<sub>x</sub>のCISに実際に書き込まれている消去回数E<sub>a</sub>と比較する。E<sub>x</sub>とE<sub>a</sub>が等しいときは、CISコピー・セクタを有効データと見なす。また、クラスタC<sub>x</sub>が消去されている状態のときも、有効と見なす。それら以外の場合は、古くなった無効データとして扱う。これによって、CISコピー・セクタが無効データとして消されてしまうことを防止する。なお、クラスタが消去されている状態にあることは、後述する図14のステップ142で判断する。

【0047】読み取ったセクタが不良情報セクタであると判明した場合も、同様の判断をする（ステップ104）。具体的には、不良情報セクタが保持する消去回数と実際のCISに書かれている消去回数を比較する。両者が等しいときは、不良情報を有効と見なす。また、クラスタC<sub>x</sub>が消去されている状態のときも、有効と見なす。それら以外の場合は、不良情報はCISに反映済みであるとし、無効データとして扱う。これによって、不良セクタ・マップの更新が行われる前に、その不良情報セクタが無効データとして消されてしまうことを防止する。

【0048】読み取ったセクタがデータ・セクタである場合も、コピーすべき有効なセクタであるか否かを判断する（ステップ105）。具体的には、逆参照ポインタでアドレス変換表を参照し、そこに書き込まれている物理アドレスを求め、これを自身の物理アドレスと比較する。両者が一致すれば有効セクタであるので、現在ユーザ・データを書き込み中のクラスタの次にユーザ・データを書き込むべき位置に、そのセクタをコピーする（ステップ106）。その後、読み取ったセクタが有効なCISコピー・セクタである場合にはCISコピー位置表を更新し、有効な不良情報セクタである場合には不良情報位置表を更新する（ステップ107）。

【0049】5） 図11は、各データ・セクタの有効性が予め記録されている場合に、その記録及びCISコピー位置表並びに不良情報位置表を活用して行うガベージ・コレクションのフローチャートである。CISコピー・セクタが消去対象クラスタにあるときは、図10のステップ102と同様の方法で、不良情報セクタがあるときは、ステップ104と同様の方法で、それぞれ有効性を判断する（ステップ112、117）。

【0050】図12及び図13を参照して、アドレス変換表の再構成に関し、SSFの動作（コントローラが実行するアドレス変換表再構成プログラム）を説明する。アドレス変換表は動的セクタ割当てを実行する上で必須のものであるが、RAM上に作られるものであるため、電源をオフにすると失われる。そこで、システム立ち上

げ時に、全クラスタの全セクタを読み取って、アドレス変換表を再構成する。

【0051】所与のクラスタの先頭に位置するCISの読取りに成功した後、コントローラはデータ・エリアのセクタを先頭から最後まで順次読み取る（ステップ121、122、132、135）。読取りに失敗したセクタについては、その位置を一時的にRAMに保存する（ステップ131）。読取りに成功したセクタについては、その属性フラグを調べる。CISコピー・セクタまたは不良情報セクタである場合は、図10のステップ102、104と同様に有効性を判断する（ステップ125、128）。読み取ったセクタが有効なCISコピー・セクタである場合にはCISコピー位置表を更新し、有効な不良情報セクタである場合には不良情報位置表を更新する（ステップ126、129）。データ・セクタである場合は、逆参照ポインタの指すアドレス変換表の項目に物理アドレスを登録する（ステップ130）。

【0052】データ・エリアの読取りが終了した後、ステップ131で保存した読取失敗セクタの位置とCISの不良セクタ・マップに登録された不良セクタの位置を比較する（ステップ133）。読取失敗セクタの位置が未登録の場合には、エラー・メッセージを、例えば表示装置24（図1）に表示する（ステップ134）。

【0053】6） 既述のように、クラスタを消去するとき及びアドレス変換表を再構成するときに、SSFはクラスタ情報セクタを読み取る。しかしながら、システム障害などにより消去または初期化が失敗に終わっていた場合には、クラスタ管理情報の内容が乱れており、ECC訂正不能エラーが発生する。つまり、先頭セクタの読取りは失敗に終わる。また、本実施例では、クラスタの先頭セクタが不良であるときのクラスタ情報セクタは、その次のセクタ、つまりデータ・エリアの先頭のセクタである。このときも、先頭セクタの読取りは失敗に終わる。

【0054】図14は、クラスタ消去時またはアドレス変換再構成時等における、クラスタ先頭セクタの読取り及びその読取りが失敗したときのクラスタ管理情報の獲得に関係する動作のフローチャートである。先頭セクタを読み、訂正不能エラーが検出されなかった場合、ステップ146で属性フラグを調べる。「クラスタ情報」であることが確認されたならば、管理情報を種類ごとに切り分けてRAMに保存する（ステップ147）。

【0055】ステップ141でエラーが検出される場合には、当該クラスタが消去されている場合も含まれる。そこで、ステップ142で、当該クラスタが消去済みか否かを判断する。具体的には、先頭セクタのビット・パターンを消去済みの場合に特有のビット・パターンと比較する。両者が一致するときは消去済みであり、直ちに処理を終了する。

【0056】本実施例では、先頭セクタが不良である場

合、データ・エリア中の、他のいかなる属性を持つセクタよりも前に、クラスタ情報セクタが置かれる。そこで、コントローラは、ステップ143で訂正不能と判断した場合も、訂正不能エラー生じないセクタが見つかるまで、セクタの読み取りとエラー検出を繰り返す（ステップ144、145、143）。

【0057】ステップ146の判断の結果、正しく読めたセクタがクラスタ情報セクタではなかったということは、クラスタ情報セクタが本来あるべき位置にないことを意味する。このような事態は、クラスタ情報セクタを含むブロックを消去している最中、あるいはクラスタを初期化している最中に電源断などのシステム障害が起こったか、またはクラスタ情報セクタが読取り不良となったことにより発生する。そこで、ステップ148に進み、他の全てのクラスタの全てのセクタを走査して、クラスタ管理情報を保管しているクラスタ情報コピー・セクタを探す。見つければ、消去をあらためて行った後、そのクラスタ情報コピー・セクタから管理情報を取り出し、クラスタの先頭セクタにコピーしてクラスタ情報セクタを作成することにより、初期化を行う。もし先頭セクタへの書込みが失敗に終わるなら、その次のセクタをクラスタ情報セクタとする（ステップ150）。CISコピー・セクタがない場合は、致命的なエラーが発生したことになるので、その旨のメッセージをユーザに伝え、ユーザの指示を待つ（ステップ151）。

【0058】次に、第2実施例でのセクタ及びクラスタの管理を説明する。

【0059】7）図15に示すように、物理的消去単位であるブロックをNページに分割する。1ページのサイズは $256 + \beta$ バイト（ $256 = \text{セクタサイズの半分}$ 、 $\beta$ はシステムが用いる数バイトの冗長領域）である。

【0060】ページをどのように取るかは、一般には使用するチップの物理仕様に依らない。例えば、バイト単位で独立にアクセス出来るようなチップに対しては単純に $256 + \beta$ バイトを論理的な塊として扱えばよい。また、物理的なページ長（ワードライン長）が $256 + \beta$ バイトであるような専用のチップを用いてもよい。図15と図16は、後者の専用チップを用いる場合を示したものである。

【0061】8） ブロックが偶数個から成る集合をつくり、論理的な消去単位であるクラスタを形成する。コントローラはクラスタを単位として消去を行う。図16に示すように、これらブロックを半数ずつのグループに分け、それぞれを異なるチップ上に割り当てる。

【0062】クラスタを形成するブロックのチップ上への割当法は一般的には任意である。ここでは、データ転送速度向上を目的として、2チップを同時に活性化するために図16に示すようなブロックの割当法をとっている。即ち、4ブロックを1クラスタとし、2ブロックずつを異なるチップに割り当てている。このようにすれ



ば、コントローラとフラッシュ・メモリとの間のバス幅を2倍にすることができる。さらに倍のバス幅が必要であればクラスタを形成するブロックを1/4ずつのグループに分け、それぞれを四つの別々のチップに割り当てればよい。この場合、1ページの長さは128+ $\gamma$ バイトにする。

【0063】9) 一つの物理セクタを必ず複数（ここでは2個）のブロックにまたがるように配置する。また、セクタ全体に対してECCパリティを付加しておく。

【0064】物理セクタの長さは512+ $\alpha$ バイトであり、これを収容するためには二つのページを必要とする（以下、一つの物理セクタを収容する二つのページを「ページペア」と呼ぶ）。本実施例では、各ページペアを、図16のPa(x)とPb(x)のように割り付けることによって、各ページが異なるチップ内にあり、従って異なるブロック内にあるようにしている。

【0065】10) 各クラスタの先頭セクタにクラスタ情報セクタを作成し（図16中、Pa(0)とPb(0)）、第1実施例と同様に、クラスタ消去回数、クラスタ内の不良セクタ・マップなど、各クラスタ固有の管理情報をパリティ・コードを付加して格納する。図17は、本例のクラスタ情報セクタのフォーマットを示す。第1実施例と異なる点は、クラスタ管理情報がページペアの各ページそれぞれに重複して書かれることである。

【0066】二重化されているページペア内の管理情報全体（「クラスタ情報」属性フラグを含む）に対してECCパリティを計算し、これをページペア内の冗長領域（ $\alpha=2\beta$ バイト）に書き込む。計算されたECCパリティのビットの半分がPa(0)に、残り半分がPb(0)に格納される。したがって、Pa(0)とPb(0)のECCの部分は異なる。ECCの部分を除くと、両ページは全く同じ内容を保持する。

【0067】このように、クラスタ管理情報を二つのページに重複して保持するようにしたので、ワード線不良によってクラスタ管理情報が一度に失われることがない。また、その二つのページを異なるブロックに割り当てたので、ブロック不良によってクラスタ管理情報が一度に喪失することもない。図16では、クラスタ情報セクタ以外のセクタについてもページペアを二つのブロックに割り付けた。一般的には、クラスタ情報セクタを構成するページペアを異なるブロックに割り付け、その他のセクタのページペアは同じブロックに割り付けるようにしても、ブロック障害への耐性を十分高めることができる。

【0068】第1実施例では、クラスタの先頭にクラスタ情報セクタ以外のセクタが置かれることはなかったのに対し、本実施例では、代替CISポインタ・セクタが置かれることがある。図18に示すように、代替CIS

ポインタ・セクタは、クラスタの先頭のセクタの一方のページが不良である場合に、他方のページに代替CISのアドレスを保持するものである。図19はそのフォーマットを示す。1ページの先頭にクラスタ管理情報を格納する代替セクタのアドレス（ポインタ）が書き込まれ、 $\beta$ バイトの冗長領域に、代替セクタ・ポインタであることを示す属性フラグとECCが書き込まれる。

【0069】通常、代替CISとしてはクラスタの第2番目のセクタが選ばれることになるが、そのセクタに関して不良セクタ・マップに「不良」フラグがセットされている場合には、さらに次のセクタを代替CISとするというように順次選んでいく。代替CISとして選ばれたセクタは、通常のクラスタ情報セクタと同一のフォーマットを持っている。データ・セクタ、クラスタ情報コピー・セクタ、不良情報セクタのフォーマットは図4乃至図6に示したものと同一である。

【0070】11) 本実施例における不良データ・セクタ発見時、消去時、初期化時、及びアドレス変換表作成時のSSFの動作は第1実施例と同じである。ただ、クラスタ情報が二重化されたこと、及び代替セクタ・ポインタが設けられたことから、クラスタ先頭セクタの読取り及びその読取り失敗時のクラスタ管理情報の獲得に係る動作は第1実施例と異なる。図20と図21は本実施例での動作のフローチャートである。

【0071】先頭セクタを読み、訂正不能エラーが検出されなかった場合、ステップ216へ進み、直ちに管理情報を種類別に切り分けて、RAMに保存する。

【0072】訂正不能エラーが検出された場合には、クラスタ情報セクタをページ別に読み分ける。まず、ページPa(0)を読み、そのデータの整合性を各種管理情報中に付加したPa(0)に対するパリティ・コードによりチェックする（ステップ204）。正しいデータであれば、ステップ208へ進む。ステップ208では、Pa(0)の属性フラグを検査する。

【0073】読み取ったPa(0)のデータが正しくなければ、ページPb(0)を読み、そのデータの整合性をPb(0)に対するパリティ・コードによりチェックする（ステップ206）。正しいデータであれば、ステップ209へ進む、Pb(0)の属性フラグを検査する。

【0074】先頭セクタのどちらのページの内容も正しくないときは、CISコピー・セクタを探し、見つければ、ステップ212へ進み、図14のステップ149と同様にしてCISを回復する。見つからなければ、ステップ213へ進み、図14のステップ150と同様にしてエラー表示などの処理を行う。

【0075】ステップ214で不良でないページPa(0)またはPb(0)の属性を検査した結果、当該ページがCISを構成するページ的一方である場合には、代替CISセクタと代替CISセクタ・ポインタがまだ

作られていないことを意味する。従って、後に行われるクラスタ初期化の際に代替CISと代替CISポインタ・セクタを作成するために、当該クラスタの番号及び先頭セクタのどちらのページが不良ページであるかをRAMに保存する（ステップ215）。その後、ステップ216へ進んで、当該ページに含まれていた管理情報を種類ごとに切り分けてRAMに保存する。

【0076】Pa(0)またはPb(0)の属性が「代替CISポインタ」であるときは、ステップ217へ進み、ポイントされる代替CISを読み取り、管理情報を取り込む。

【0077】なお、実際には、ステップ201と202の間に、図14のステップ142に相当するステップが存在するが、説明の都合上、図20ではこれを省略している。

【0078】以上、特定の二つの実施例を説明したが、本発明の適用範囲はそれらに限られるわけではない。例えば、特願平5-35228号明細書のように、クラスタに順序番号が書き込まれ、消去・初期化される度に順序番号が書き換えられるSSFでは、図11のステップ112、117や図12のステップ125、128において、消去回数に替えて順序番号を比較するようにしてもよい。

【0079】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、一括消去型不揮発性メモリを用いる半導体ディスク装置の、電源断等の障害に対する耐性が高まる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従うフラッシュ・メモリを半導体ディスク装置として使用するコンピュータ・システムの一例を示すブロック図。

【図2】半導体ディスク装置の概略構成を示すブロック図。

【図3】第1実施例におけるフラッシュ・メモリのクラスタ情報セクタのフォーマットを示す図。

【図4】フラッシュ・メモリのデータ・セクタのフォーマットを示す図。

マットを示す図。

【図5】フラッシュ・メモリのクラスタ情報コピー・セクタのフォーマットを示す図。

【図6】フラッシュ・メモリの不良情報セクタのフォーマットを示す図。

【図7】不良データ・セクタを検出したときのSSFの動作を示すフローチャート。

【図8】セクタを消去するときのSSFの動作を示すフローチャート。

【図9】セクタを初期化するときのSSFの動作を示すフローチャート。

【図10】ガベージ・コレクションの一例を示すフローチャート。

【図11】ガベージ・コレクションの他の例を示すフローチャート。

【図12】アドレス変換表を再構成するときのSSFの動作を示すフローチャート。

【図13】アドレス変換表を再構成するときのSSFの動作を示すフローチャート。

【図14】第1実施例でのSSFのクラスタ先頭セクタ読取り及びそれに関連する動作を示すフローチャート。

【図15】第2実施例でのブロックとページの関係を示す図。

【図16】第2実施例でのクラスタ、ブロック、セクタ及びページの関係を示す図。

【図17】第2実施例におけるフラッシュ・メモリのクラスタ情報セクタのフォーマットを示す図。

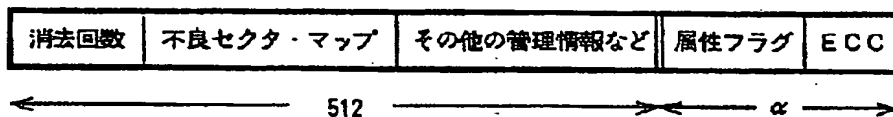
【図18】代替CISポインタ・セクタと代替CISの関係を示す図。

【図19】代替CISポインタ・セクタのフォーマットを示す図。

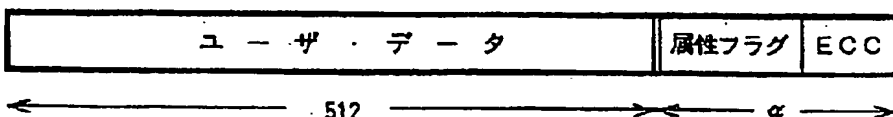
【図20】第2実施例でのSSFのクラスタ先頭セクタ読取り及びそれに関連する動作を示すフローチャート。

【図21】第2実施例でのSSFのクラスタ先頭セクタ読取り及びそれに関連する動作を示すフローチャート。

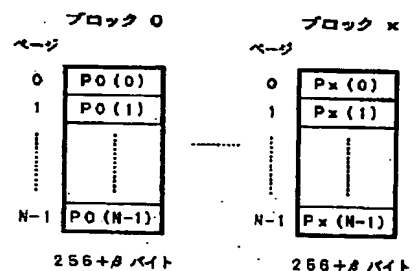
【図3】



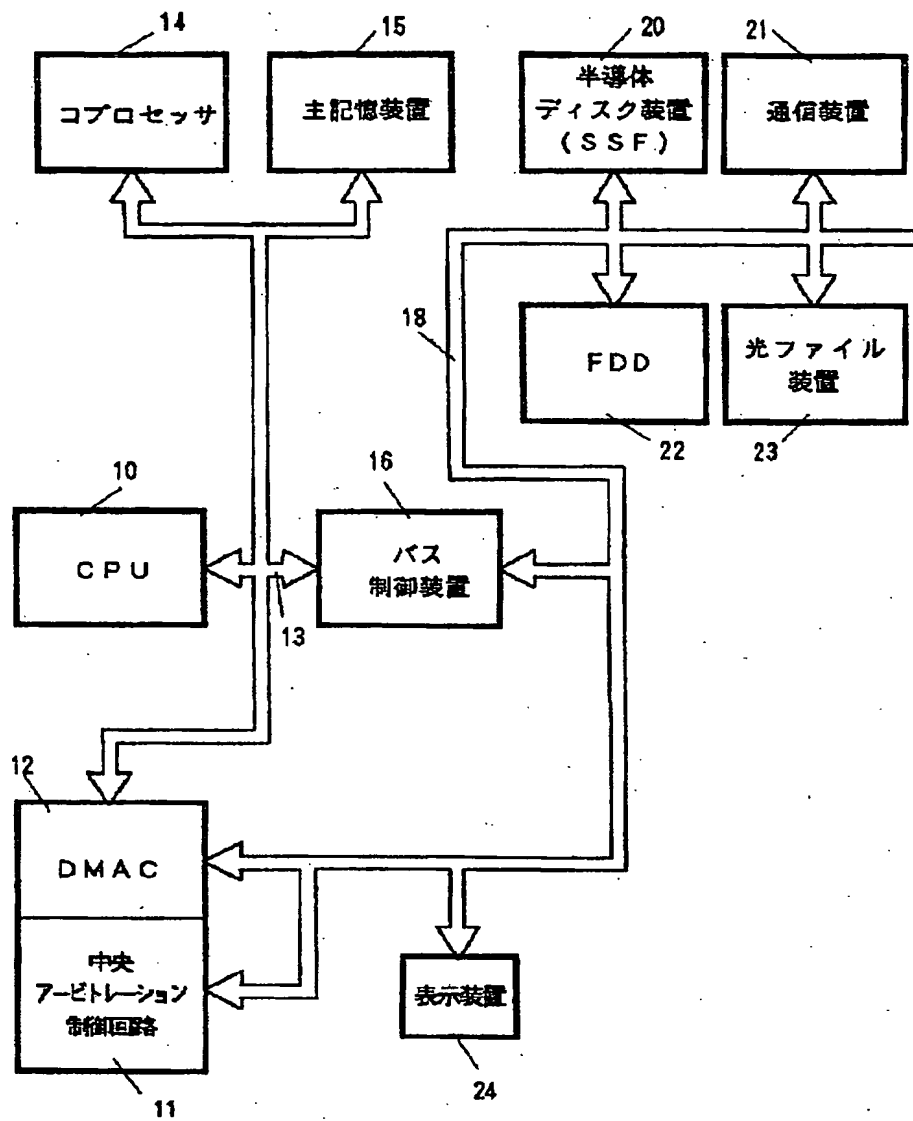
【図4】



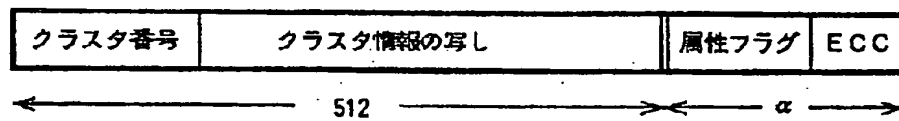
【図15】



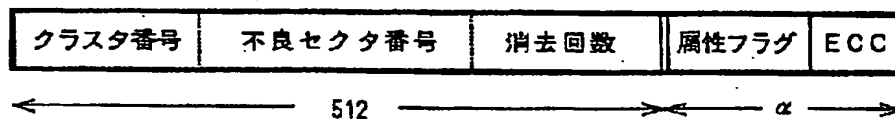
【図1】



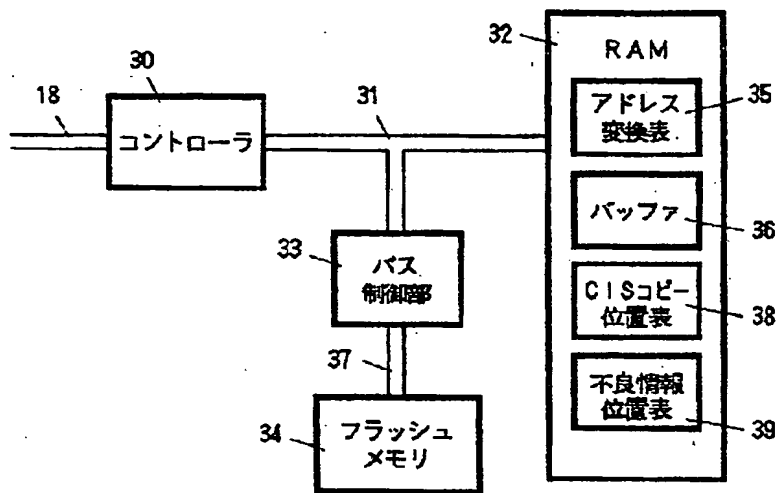
【図5】



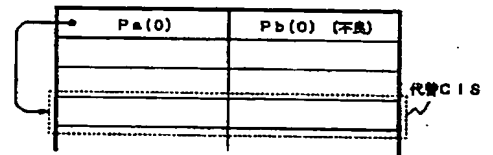
【図6】



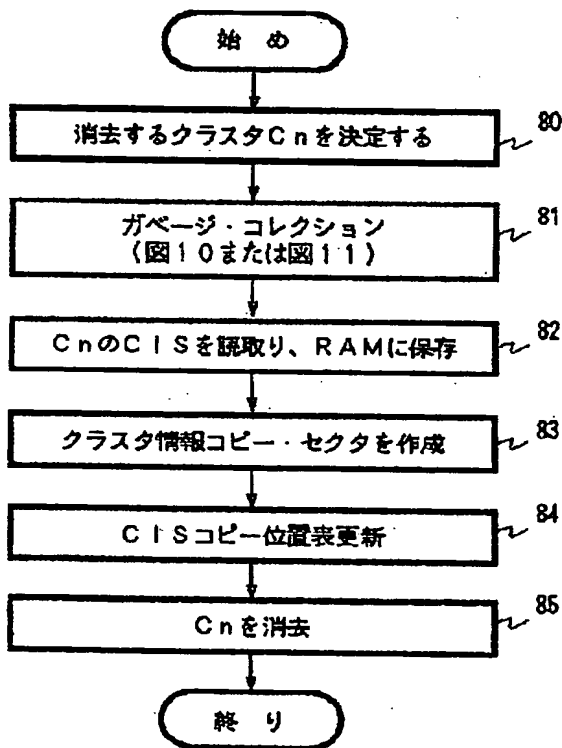
【図 2】



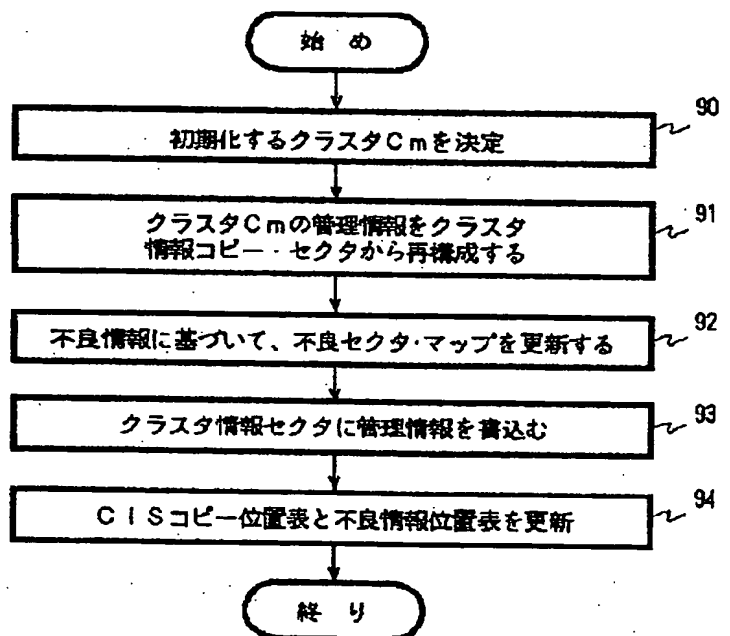
【図 18】



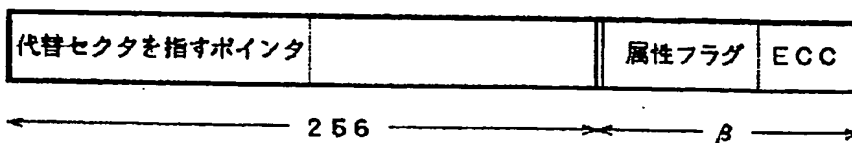
【図 8】



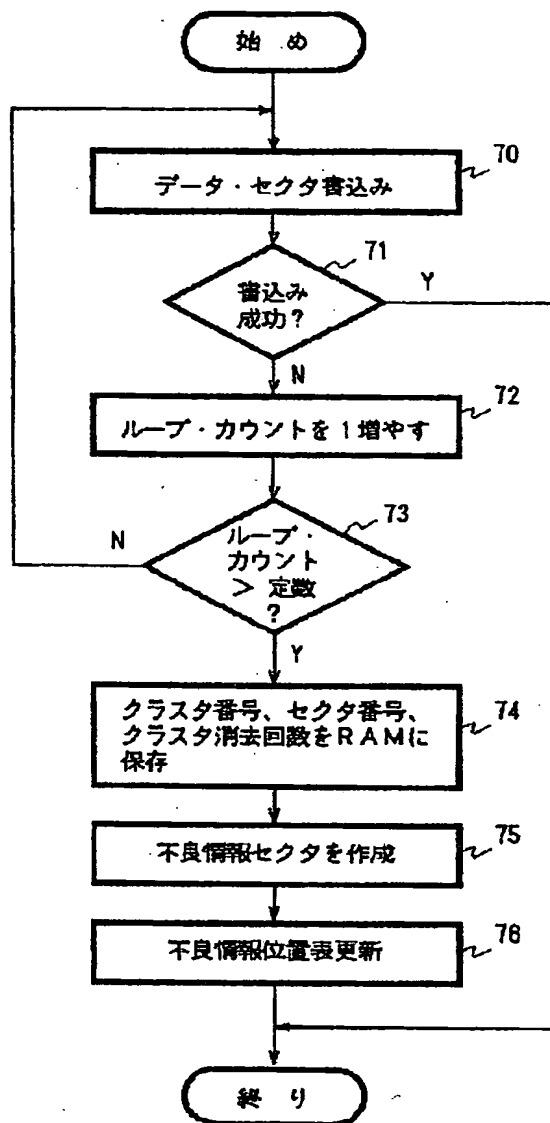
【図 9】



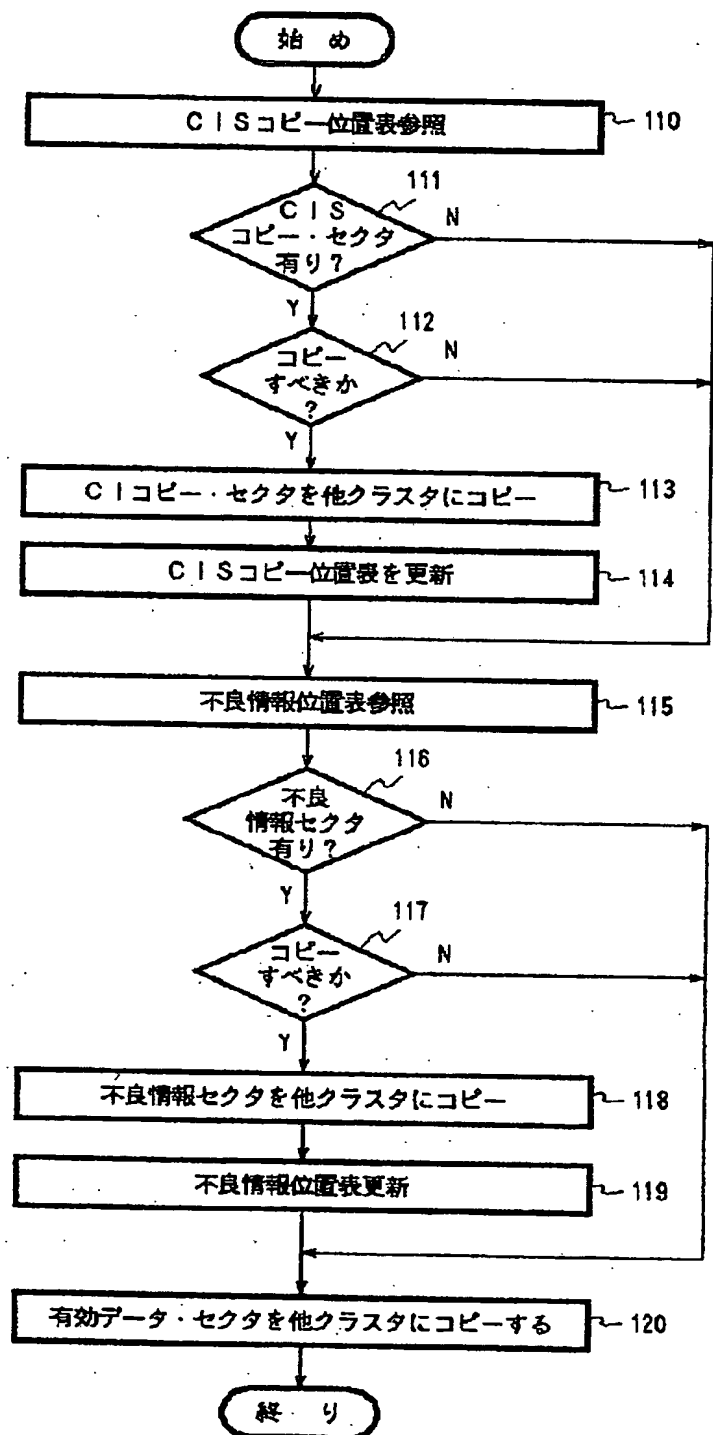
【図 19】



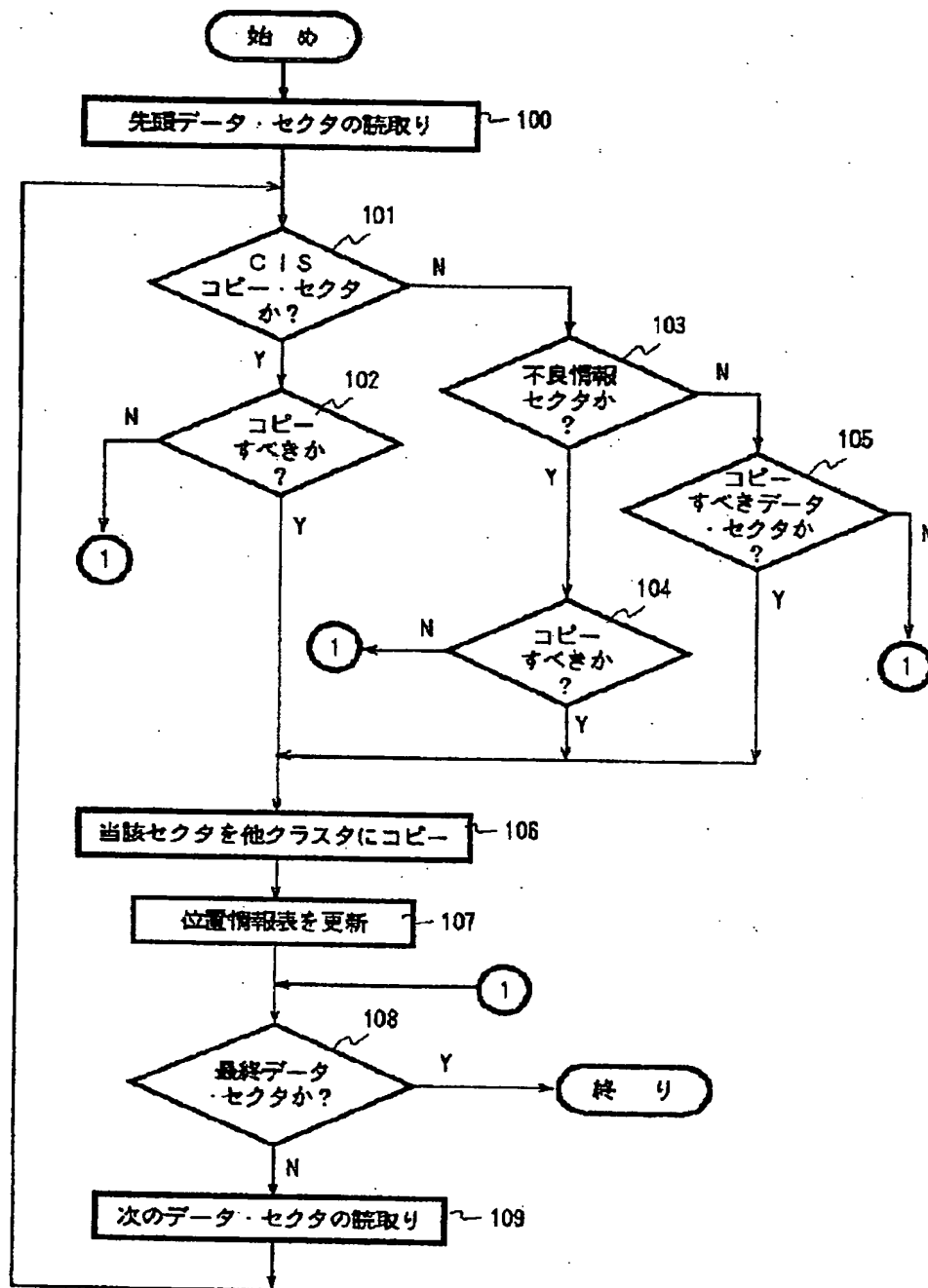
【図 7】



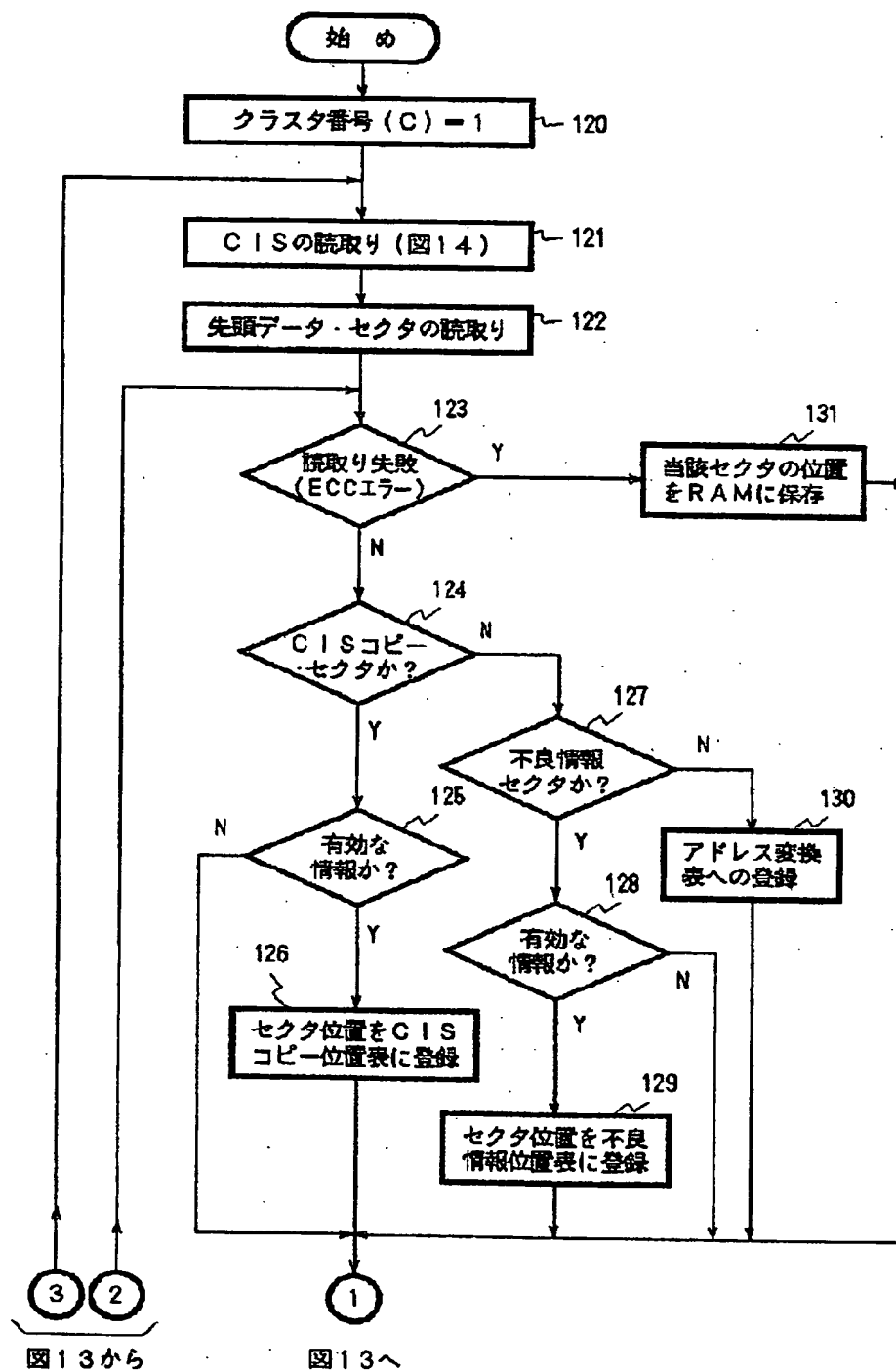
【図 11】



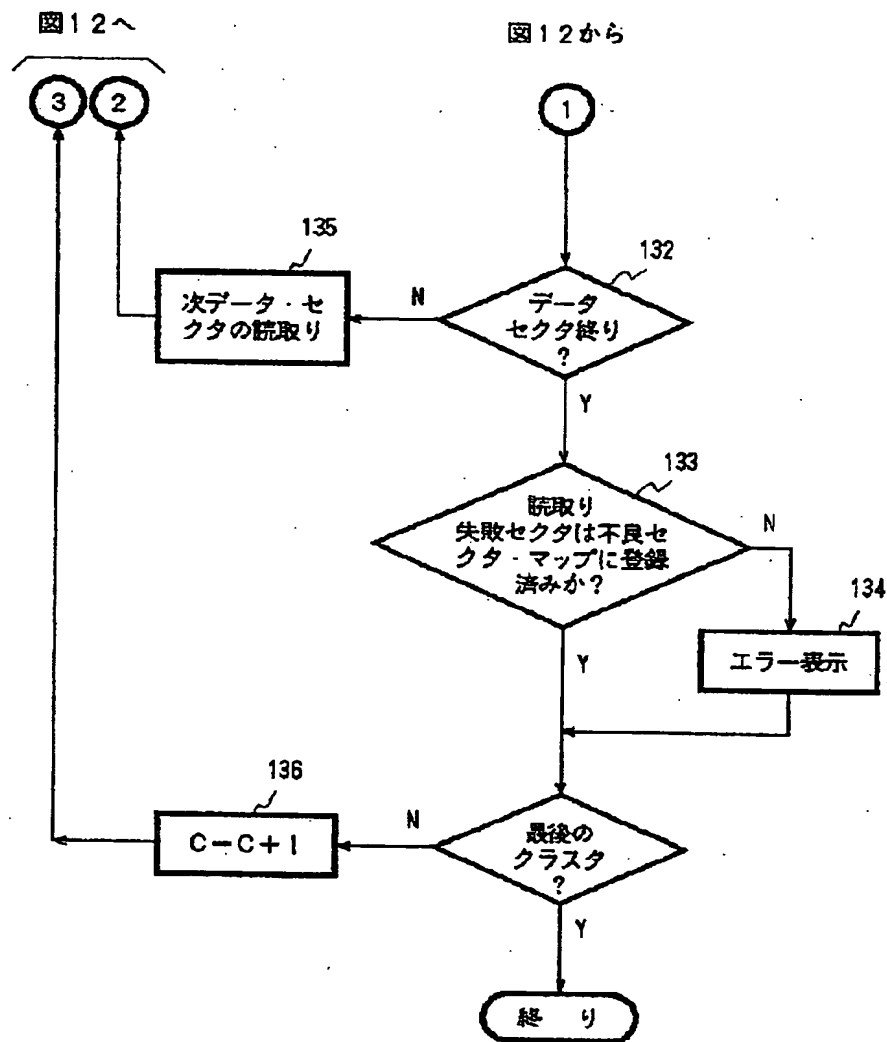
【図10】



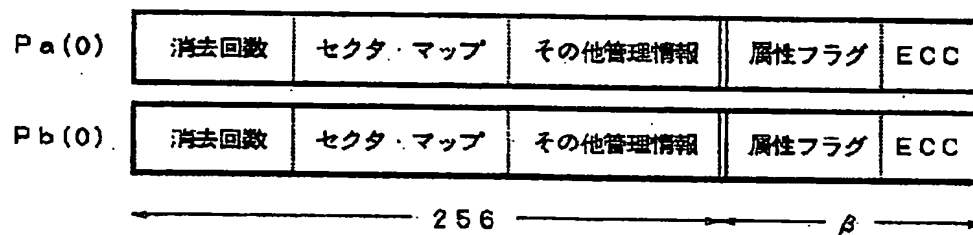
【図12】



【図13】

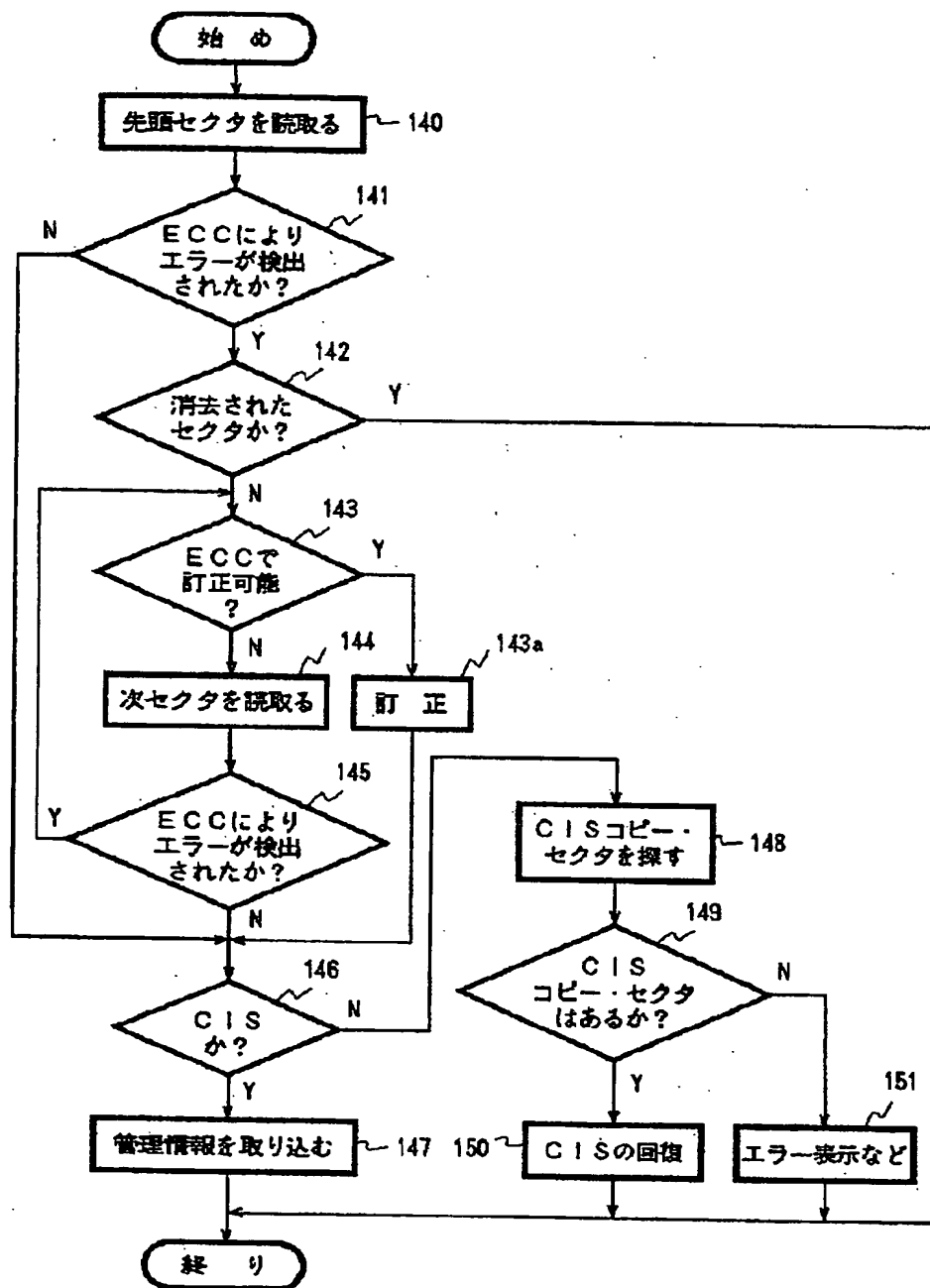


【図17】

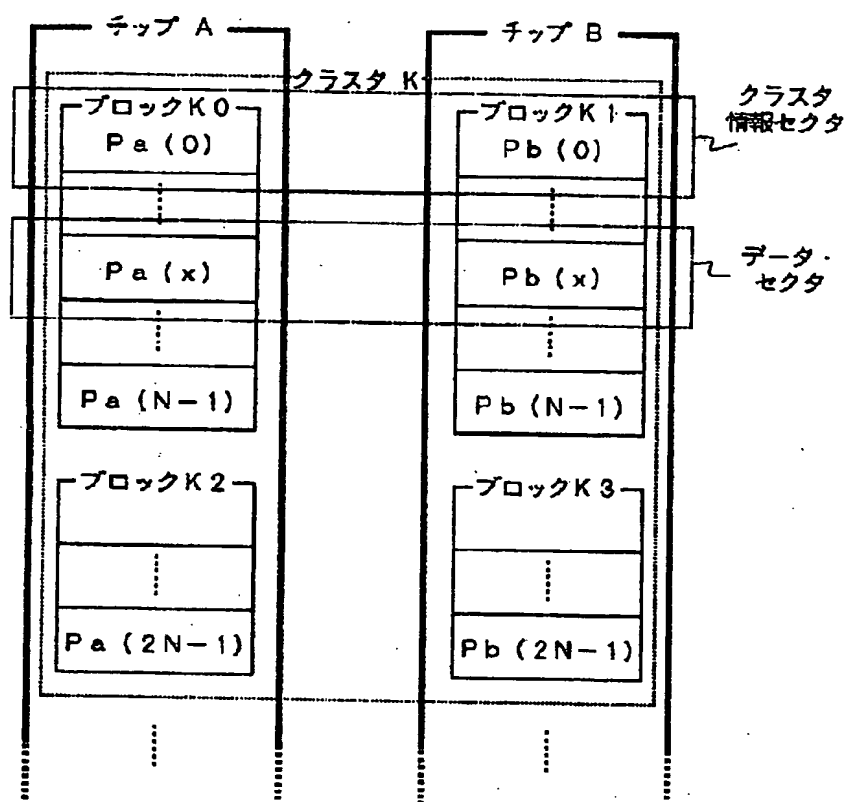




【図14】



【図16】



【図20】

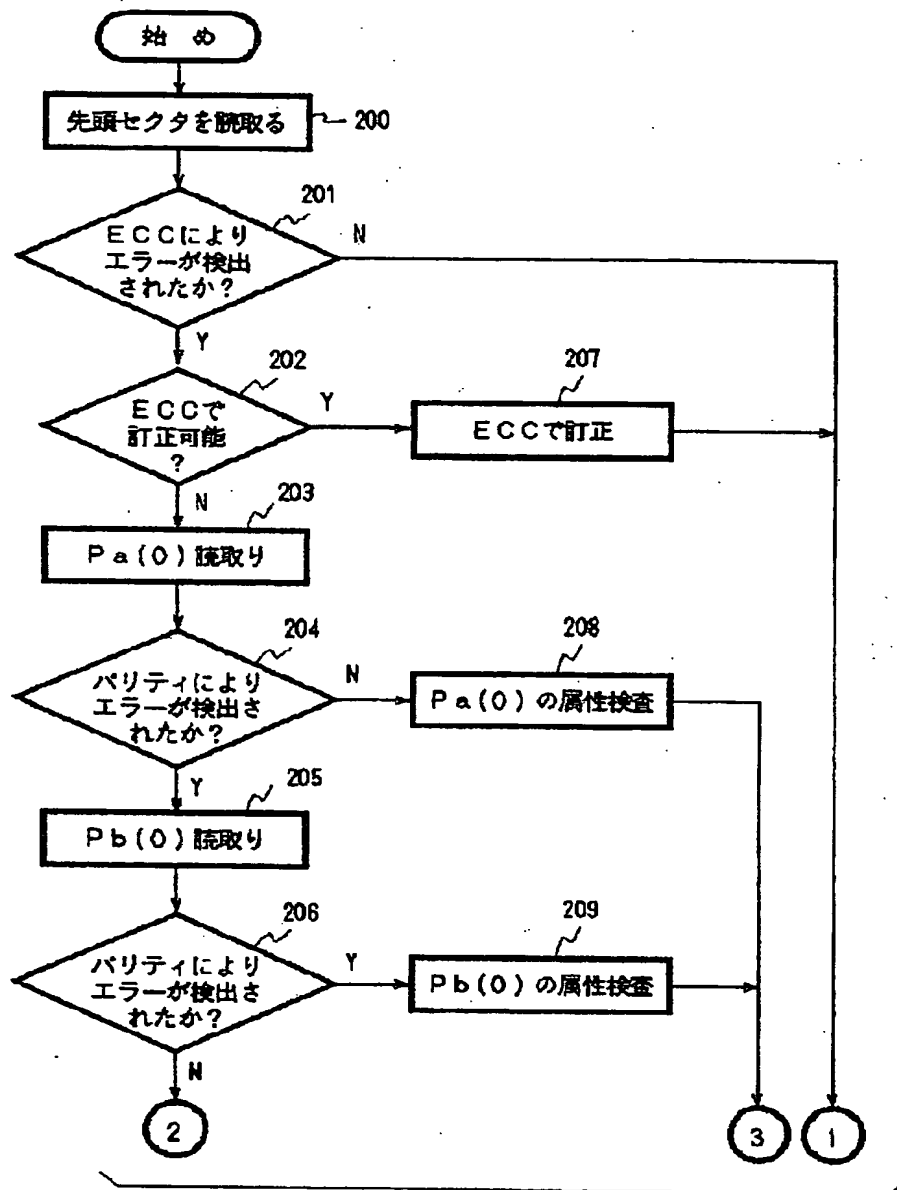
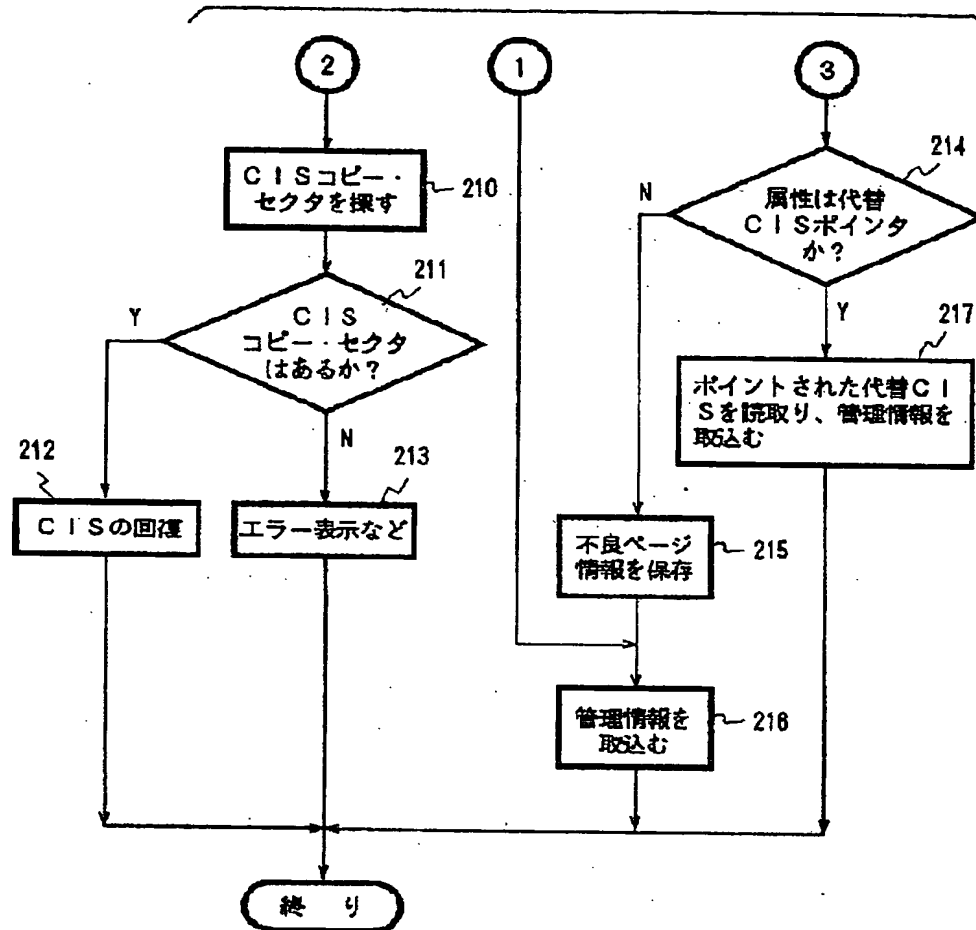


図21へ

【図21】

図20から



フロントページの続き

(72)発明者 豊岡 孝資  
 東京都千代田区三番町5-19 日本アイ・  
 ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内